



TITLE:

# BAOについて (計算機によるパズル・ゲームの研究)

AUTHOR(S):

林, 健志

---

CITATION:

林, 健志. BAOについて (計算機によるパズル・ゲームの研究). 数理解析研究所講究録 1976, 263: 84-94

ISSUE DATE:

1976-02

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/105820>

RIGHT:

## BAO について

京大 数理研 林 健志

0. はじめに “BAO”というのは、石とりゲームの一種でアフリカのタンザニア地方の原住民が考え出したものです。2, 3の変種があるようですが、ここでは簡単な“BAO LA KUJI-FUNYA” (スワヒリ語) を採り上げてみました。以下、単にBAOと略すことにします。土の香りのするゲームですから、ルールはそれほど複雑ではないのですが、実際に対戦すると、一手を行うのにかなり時間がかかり、かつその途中で間違いを無意識にってしまう場合が多い。その意味でコンピュータ向きのゲームのようです。しかし、人間にとっては実際に石をとりに上げては、盤の上にばらまいて行くことに、大きな楽しみがあると思いますが……。ここでは、まずゲームのルールを *informal* に説明し、次に筆者が FACOM U-200 の CRT ディスプレイを使って開発中のプログラムについて、ゲームのルールの *formal* な記述という立場から記して、最後にこのゲ

—ムの数学的分析について、研究集会での討論を中心にして記すことにします。

1. ル-ル 盤は下図のとおりです。 各ます目のことを *shimo*

|       |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|
|       |  |  |  |  |  |  |  |
| Bの 後列 |  |  |  |  |  |  |  |
| Bの 前列 |  |  |  |  |  |  |  |
| Aの 前列 |  |  |  |  |  |  |  |
| Aの 後列 |  |  |  |  |  |  |  |

と呼びます。

対戦者は 2人

$$z, A, B \in I$$

とおきます。

各對戰者の前

の 2 列がその

人の陣地です。初期盤面は、*tate* と呼ばれる石（実際に石が  
使れているかどうかは不明だが、経験上、大きな盤を作れば  
黒の碁石が適当で、小さな盤なら、コーヒー豆や小豆などが  
適当である。）を各 *shimo* に 2 個づつ合計 64 個 をばら撒いた  
状態から出発します。次に先手、後手も決めて先手から交互  
に以下に述べる動作にしたがってゲームを続けます。ゲーム  
の目的は敵の *tate* を出来だけ捕えて、自分の *shimo* にばら撒  
き、敵の負けとなる盤面にもち込むことにある。終了盤面に  
ついては、後で記すことにして、基本動作である *takata*（複  
数形は *kutakata*）について述べる。

動作1. Takata : この動作は敵の kate を捕えられない時に

行ないます。まず、2個以上の kete を有する shimo を任意に選んで、その shimo の kete をすべて採り上げ、時計回りか、反時計回りかを任意に決めて、手の中にある kete も1個づつ、その向きの隣の shimo から始めて、その向きに従って順に、自分の陣地の shimo にはばら撒いてゆきます。最後の1個を撒いた shimo が、撒く前は空であったならば、これで1手が終了します。もし空でなかったらくするおち現在2個以上であれば、その shimo に現在ある kete もすべて採り上げ、今度は方向は前のままで、前述の動きを繰り返します。そして、上に述べた1手の終了条件が満たされるまで、この動作を続けます。takata を行なうには、次の制約条件も満足していなければなりません。

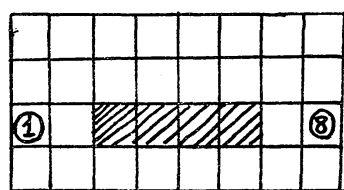
- (1) 1個の kete だけしかない shimo から takata を始めることは出来ない。
- (2) 前列に takata を開始出来る shimo が存在する時は、たとえ後列に takata を開始出来る shimo があっても、前列の shimo から takata を開始しなければならない。(前列優先)
- (3) kete をばら撒く方向は、最初に選んだ方向をこの1手が終了するまで続け、途中で変えは出来ない。
- (4) takata を開始した場合、敵の kete を捕えることは出来ない。
- (5) 敵の kete を捕え得る場合には、takata を開始出来ない。

次に敵の *kete* を捕え得る場合について説明する。

動作 2 Capturing : 前列にある *shimo* のうち、その *kete* が1個以上で、かつ、その *shimo* に向きあう敵、前列の *shimo* の *kete* が1個以上であるものを "*marker*" と呼ぶ。ある *shimo* が2個以上15個以下の *kete* を含み、その *kete* をどちらかの向きに1個づつばら撒いていった時、最後の1個が *marker* に落ちる時、この *kete* の集りを "*mtaji*" と呼ぶ。

敵の *kete* を捕獲するためには、まず適当に *mtaji* を選ぶ、*takata* の時と同じように1手を開始します。しかし、今度は最後に *kete* を撒いた *shimo* (*marker* になっている) の *kete* を採り上げないで、その *shimo* に向き合う敵の *shimo* にある *kete* を採り上げて、次の規則に従って自分の陣地にはら撒いてゆきます。Player から見て、

イ) その *marker* が下図の斜線部のどこかにある時 :

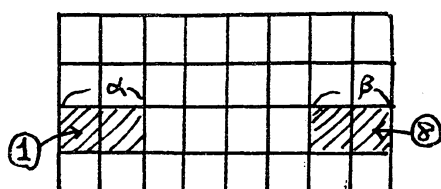


Player

向きが (a) 時計回りの時 ; ① から時計回りに、1個づつ撒く。

(b) 反時計回りの時 ; ⑤ から反時計回りに、1個づつ撒く。

ロ) その *marker* が下図の場合 ; (a)  $\alpha$  にある時 ; 今までの向きとは無関係に、① から時計回りに1個づつ撒く。



Player

(b)  $\beta$  にある時 ; 今までの向き

とは無関係に, ⑧から反時計回りに, 1個づつ撒く。

捕獲した *kete* も規則 (1) か (2) に従って撒いていって, 最後に撒いた *phimo* が, 撒く前は空であつたならば, 1手は終了する。そうでなくて, *marker* になっているなら, 敵の *kete* を取り, 上記のジョロセスを続ける。marker でもなく, 撒く前が空でもない時は, *kutakata* の時と同様にして動かす。ただし, この場合は, *kutakata* の時と異って, もし最後には撒いた *kete* が *marker* に落ちたら, 敵の *kete* を捕獲して, 動作を続ける。

### 終了

Play しようとした時, 前列の *phimo* に *kete* が全くないか, または *mtaji* もなく *takata* も出来ない時に, 負ける。

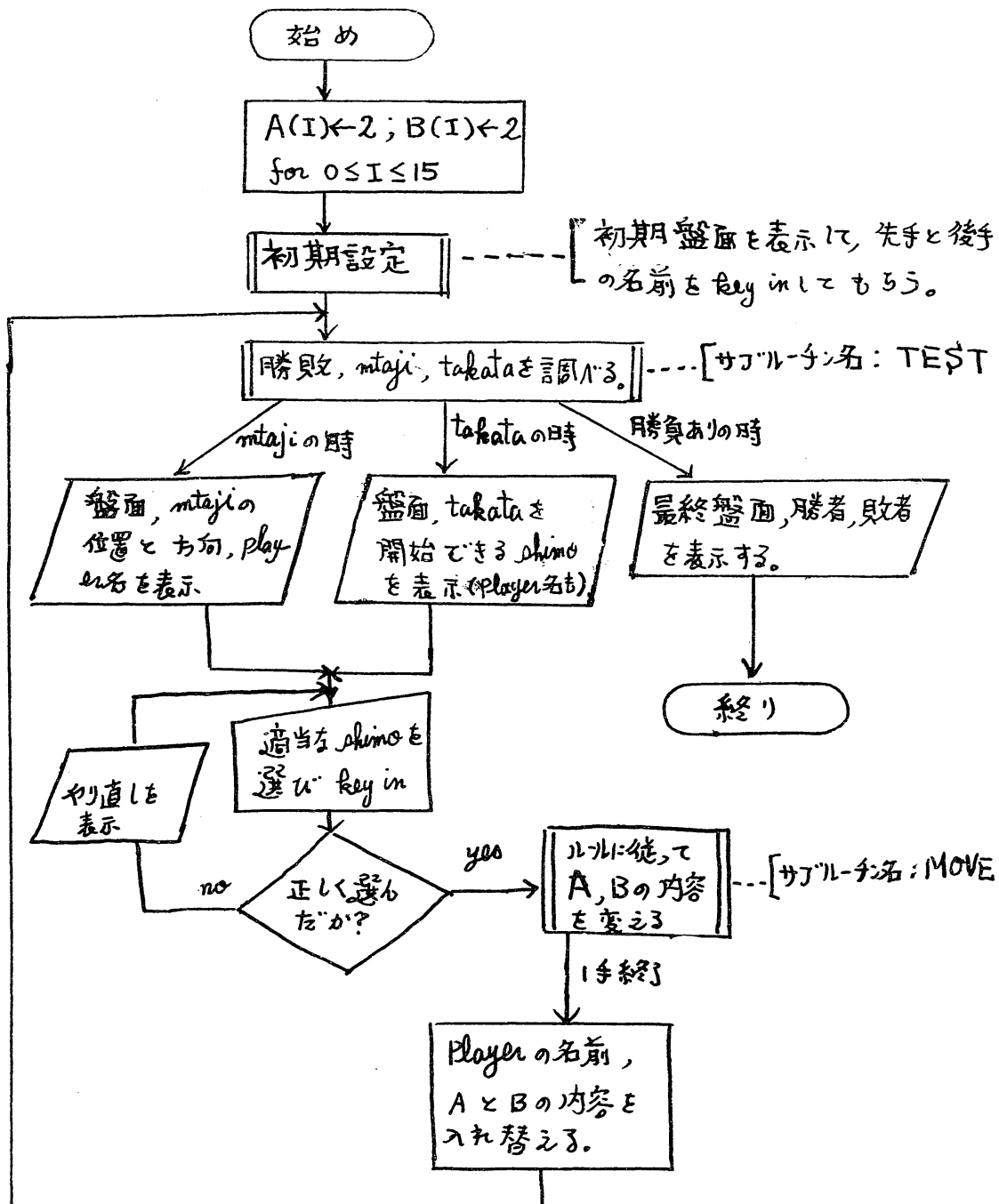
## 2. ジョロプログラム

CRT を使って, 2人の対戦者 (人間) がこのゲームを行う時, 審判, 及び, *mtaji*, *takata* などに関する情報を提供するジョロプログラム (1例) は, 次のようになる。CRT には, 次に手を打つ人の陣地が常に図面の下部に出るように設計した。 配列 A は

|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| B(8)  | B(9)  | B(10) | B(11) | B(12) | B(13) | B(14) | B(15) |
| B(7)  | B(6)  | B(5)  | B(4)  | B(3)  | B(2)  | B(1)  | B(0)  |
| A(0)  | A(1)  | A(2)  | A(3)  | A(4)  | A(5)  | A(6)  | A(7)  |
| A(15) | A(14) | A(13) | A(12) | A(11) | A(10) | A(9)  | A(8)  |

次に手を打つ人の *kete* の数も貯え,

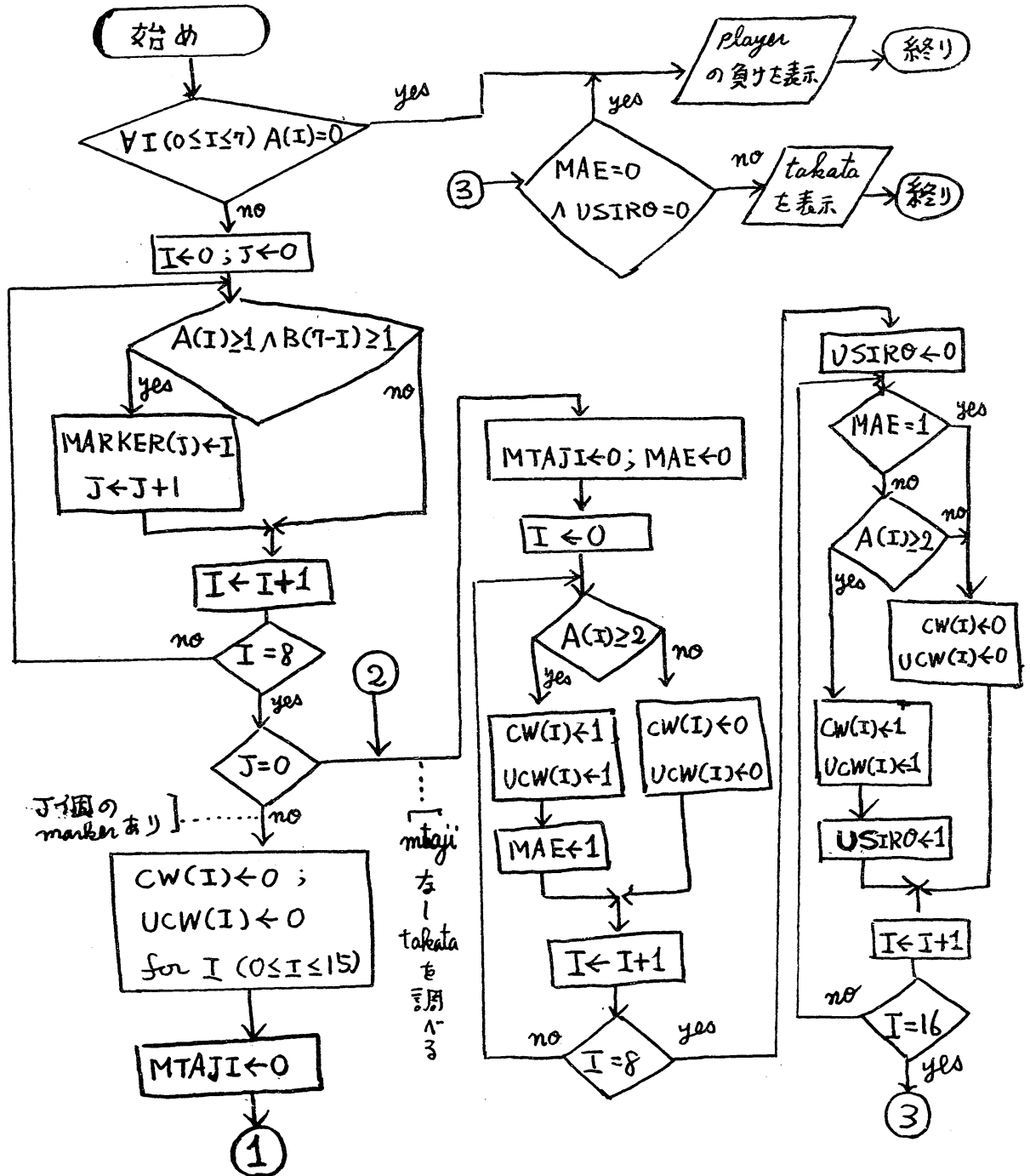
Bは、対戦者の *teke* の数を貯えている。CRTに出る盤面とA, Bの対応関係は図のようになっている。おおまかなフローチャートは下図のようになっている。



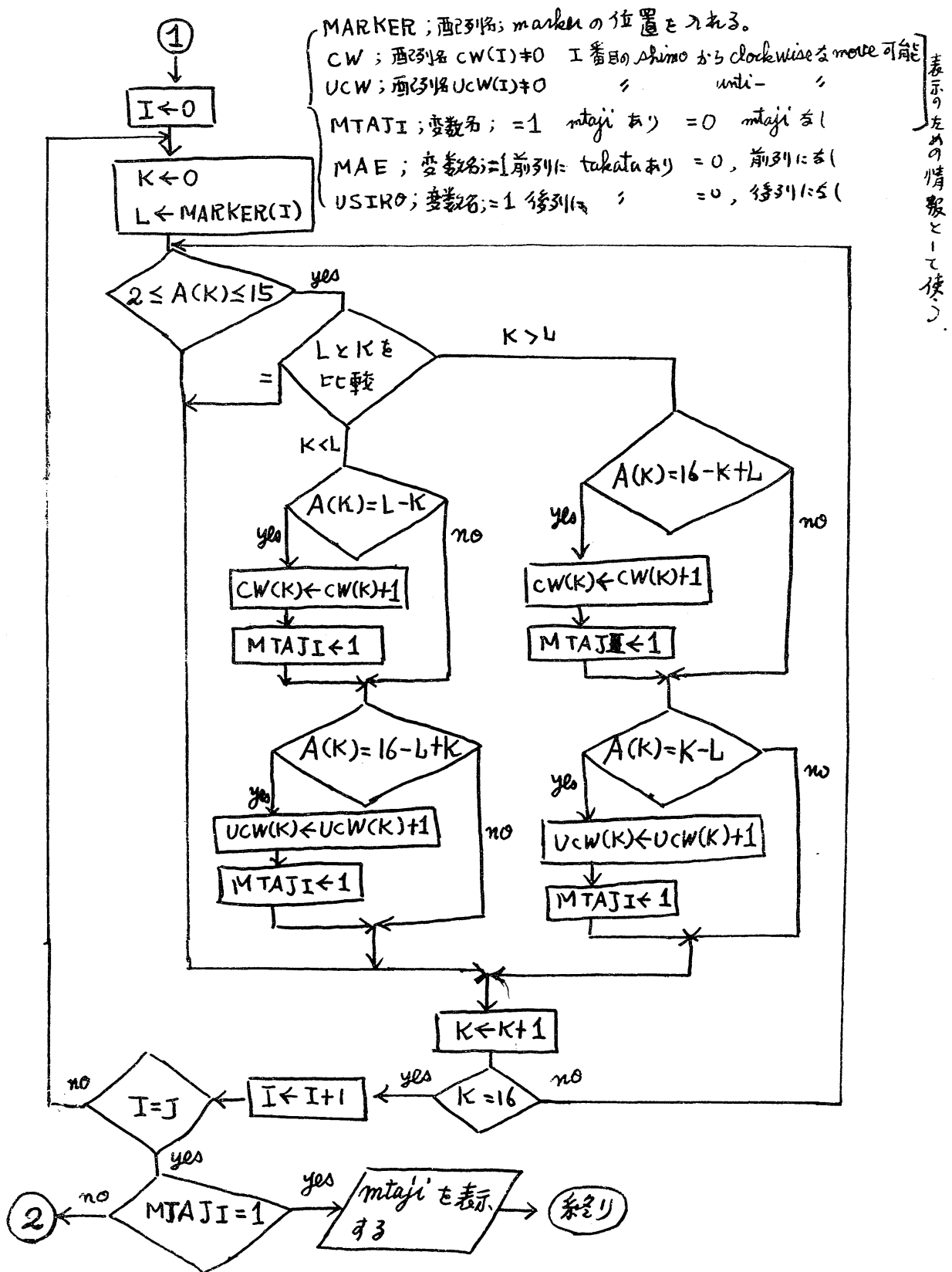
〔主フローチャート〕

次に本質的なサブルーチンである TEST と MOVE のフローチャートを記す。

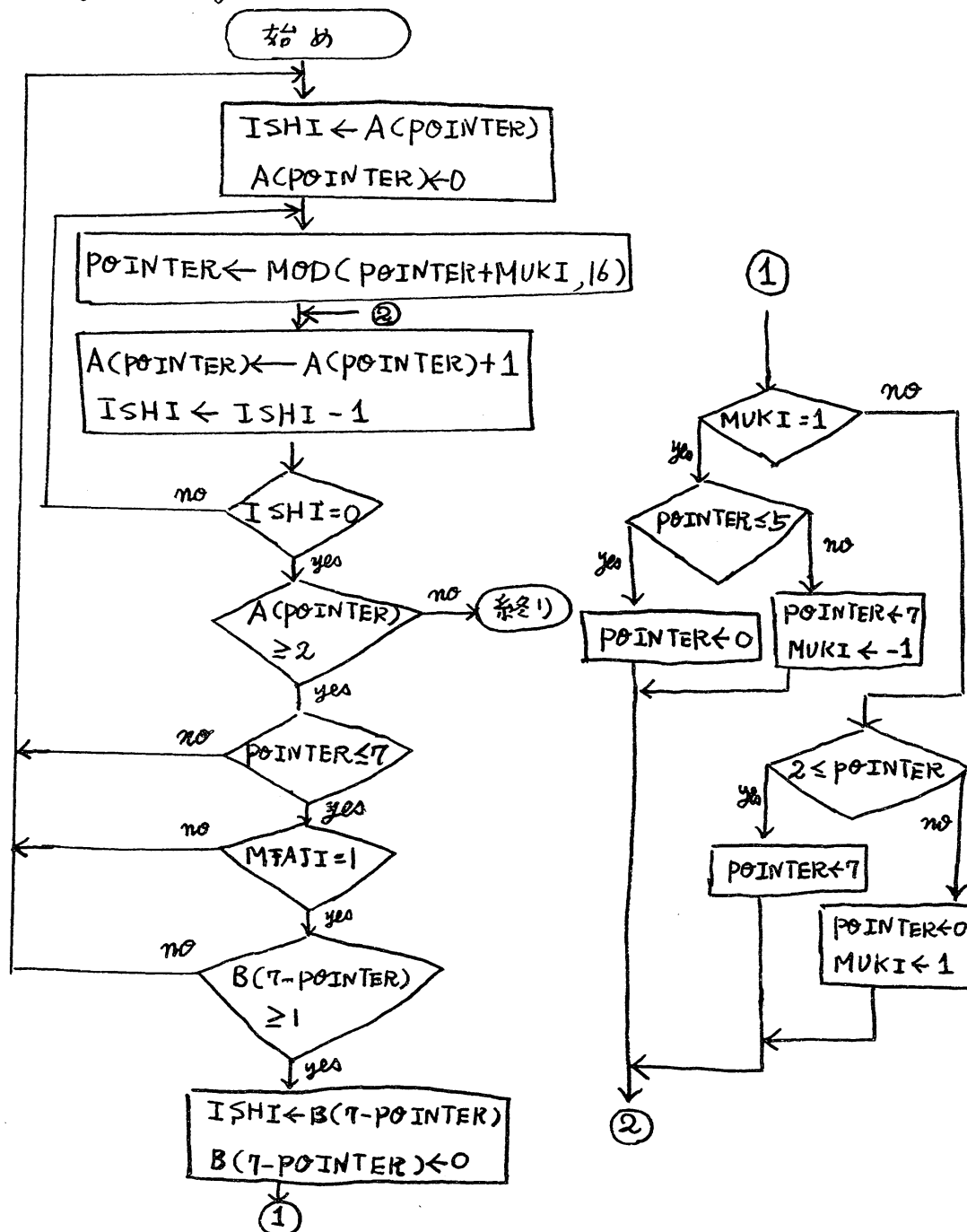
TEST のフローチャート ; 次に Play する人の名を *global variable* としむ。







MOVEのフローチャート Key in によって選ばれた *shimo* の位置は *POINTER* に、向きに応じて *MUKI* ( $=1$ ; clockwise,  $=-1$ ; anti-clockwise) に、動作が *takata* かどうかは *MTAJI* ( $=0$ ; *takata*,  $=1$ ; *capturing*) に、*player* の名前が *PLAYER* に入るとして呼ばれる。



### 3. ゲームの分析

研究集会ではこのゲームの分析について次のような議論が出た。

1. 先手必勝か後手必勝か、などに関して数学的に証明出来ないか？
2. 上記が証明出来た場合に、必勝法が見出せるか？
3. 1手がループに入ってしまった、終了しないことが起らないか？
4. 2人が協力してゲームも行う、た時、一番はどの勝負はどんな場合か？ すなわち一番手数のかかる勝負は？
5. 1つの *shimo* に最高いくつの *tate* が入り得るか？

これらに関しては、まだ解が得られていないと思う。また

3.に関しては、もしゲーム途中で下図のような局面が起り、

|              |   |   |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3            | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | または | 5 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 |
| 2            | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 |     | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 4 | 3 | 2 |
| A (相手の盤面は省略) |   |   |   |   |   |   |   |     | B |   |   |   |   |   |   |   |

しかも *takata* しかいない場合に、A では 3 個の *tate* を含む *shimo*、B では 5 個の *tate* を含む *shimo* から *takata* を開始すればループに入ってしまう。A, B を *cyclic* に変えた場合にも同様である。

他に計算機と人間が対戦する場合の評価関数についての議

論があった。最後にこのゲームは立教大学の島内、篁西先生  
から伺ったものであることを記しておく。

参考文献 "How to play BAO", 1971, National Museum  
of Tanzania, P.O. Box 511, Dar es Salaam, Tanzania.